

СУЙСАРСКИЙ КОМПЛЕКС ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ – УНИКАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ ПЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Светов С.А.

Институт геологии КарНЦ РАН, ssvetov@krc.karelia.ru

Палеопротерозойские комплексы Центральной Карелии являются своеобразной геологической визитной карточкой региона, в связи с широким распространением и яркой, легко узнаваемой морфологией формирующих их породных литотипов. Вся эволюционная история развития Карельского кратона в палеопротерозое, начиная от сумийского (с 2.50 млрд лет) и до конца веписьского уровня (1.65 млрд лет), связанная с этапами плюмового магматизма (отраженными в образовании крупных магматических провинций), рифтогенеза и заложения протяженных морских бассейнов, запечатлена в породных комплексах Онежской структуры (Онежская..., 2011; Melezic et al., 2012; Куликов и др., 2017).

Все магматические комплексы Онежской структуры имеют свои уникальные черты, однако, особый набор породных литотипов и широкое проявление специфических кристаллизационных процессов позволяют выделить обособленно суйсарскую свиту (часть людиковийской магматической провинции, сформированной 2000–1975 млн лет назад), представленную породами пикро-базальтовой серии (Суйсарский пикрит-базальтовый..., 1999).

Суйсарская свита (название комплексу дано В.М. Тимофеевым в 1935 г. по «суйсарскому побережью» Онежского озера), сформирована высокомагнезиальными вулканитами, имеющими аналоги на территории Приладожья, Лапландии и Печенги (Онежская..., 2011). Разрез свиты представлен в основании массивными лавами пикробазальтов в переслаивании с туффитами; далее выполнен плагиоавгитовыми базальтами в чередовании с туфами и алевролитами и завершается лавами массивных базальтов и их туфов. Общая мощность современного редуцированного разреза составляет ~ 450 м, при этом лавы формируют 75%, а вулканогенно-осадочные породы – 25% общего разреза (Онежская..., 2011). Субвулканические породы комплекса представлены неками, дайками и силлами долеритов и перидотитов, комагматичных лавам суйсарской свиты (Суйсарский пикрит-базальтовый..., 1999; Онежская..., 2011).

В настоящее время для суйсарского комплекса имеется ряд датировок: Re-Os изохрона (по породе: перидотиты, габбро и минеральным фракциям ильменита и ульвошпинели) дает значение – 1969±18 млн лет; габброиды с привлечением данных по клинопироксену дают Sm-Nd изохрону – 1988±34 млн лет (MSWD=1.84; n=13) и Pb-Pb возраст по породе и монофракциям (клинопироксена и плагиоклаза) 1985±57 млн лет (MSWD=3.0; n=18) (Puchtel et al., 1998; 1999).

Наиболее известными объектами суйсарского комплекса, позволяющими судить о характере и типе вулканизма, являются фрагменты пирокластической толщи (мощностью около 30–50 м) в районе станции Шуйская, п. Соломенное (гора Большая Ваара), сложенные обширными полями агломератовых туфов плагиоклазовых, пироксен-плагиоклазовых базальтов. Эти породы известны под названием «соломенские брекчии», в связи с тем, что с начала XVIII века активно использовались в архитектуре, в частности, при строительстве и облицовке Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге.

Пирокластиты формируют толщу переслаивания различных по размерности туфов плагиоклазовых, пироксен-плагиоклазовых базальтов: – агломератовых, содержащих большое количество обломков с рваными, остроугольными формами (изредка окатанными), сцементированных мелкодробленым материалом того же состава; – псаммитовых, со следами слоистости; – глыбовых агломератовых (бомбовых) туфов. В туфах (в вулканических фрагментах пород) существует два вида вкрапленников. Один из видов вкрапленников представлен клинопироксеном (размер до 2 мм по удлинению), характеризующимся слабо выраженной зональностью и

веерообразными структурами погасания. Другой вид вкрапленников представлен крупными ромбовидными кристаллами (возможно оливина), псевдоморфно замещенными пластинчатыми зернами серпентина. Основная масса породы сложена мелкими лейстовидными зернами клинопироксена и располагающимся между ними вулканическим стеклом.

Важно отметить, что вулканические бомбы характеризуются высокой степенью сохранности и сформированы тонкозернистым клинопироксен-порфировым базальтом с небольшим количеством мелких идиоморфных зерен клинопироксена и единичными крупными зернами замещенного оливина в тонкозернистом субстрате с реликтами вулканического стекла. Матрикс бомбовых и агломератовых туфов выполнен туфобрекчией, которая представляет собой «слипшиеся» обломки неправильной формы, сложенные преимущественно тонкозернистыми пироксен-порфировыми стекловатыми базальтами. Обломки имеют зональное строение, при этом их краевые части всегда более светлые (более измененные), чем центральные. В некоторых случаях центральные части «обломков» сложены зернистыми халцедоном и альбитом, в большинстве случаев – стекловатым мелкопорфировым мафическим материалом. Объем вещества, «цементирующего» обломки, невелик, по морфологическим особенностям и составу цемент делится на 2 группы: существенно хлоритовый и лейкократовый зернистый, сложенный халцедоном, альбитом, карбонатом (Светов и др., 2015).

По химическому составу туфы (обломки и матрикс) дифференцированы от базальтов нормальной щелочности до трахиандезибазальтов, при этом содержание $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ в цементе несколько ниже, чем в обломках. Породы характеризуются содержанием MgO от 5.7 до 7.2 вес. %, $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$ от 10.7 до 12.3 вес. % и Al_2O_3 от 13.3 до 14.8 вес. %. Характерной особенностью и обломков, и цемента является обогащение LIL-элементами, прежде всего, Ba, содержание которого в обломках достигает 1500 ppm. Пирокластиты также обогащены высокозарядными элементами, прежде всего, Nb и Ti, что проявляется в формировании положительных аномалий на мультиэлементных диаграммах и отражает, с одной стороны, отсутствие контаминации кислым коровым веществом, а с другой стороны, свидетельствует об обогащенной плюмовой природе мантийного источника расплавов.

Уникальная специфика лав суйсарского комплекса отражена в разрезе Ялгубского кряжа, где широко проявлены процессы ликвационной несмесимости силикатных расплавов. Данный разрез сложен мощными лавовыми потоками подушечных и массивных базальтов (от 10 до 25 м), чередующихся с потоками авгит-плагиофировых базальтов, а также маломощными прослоями агломератовых туфов (до 3 м мощности) (Суйсарский пикрит-базальтовый ..., 1999; Светов, 2008; 2013). Большинство лав разреза (как массивные, так и подушечные) содержат «вариоли».

Под термином «вариолит» традиционно понимается магматическая горная порода, имеющая сферолитовую структуру, представленную округлыми обособлениями (вариолями или «глобулами») контрастного химического состава. Первое описание вариолитов в России (именно на территории Ялгубы), выполненное А.А. Иностранцевым в 1874 г., и дальнейшее их изучение, проведенное Ф.Ю. Левинсоном-Лессингом и представленное в работе «Die Variolite von Jalguba in gouvernement Olonetz» в Трудах Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей в 1884 г., сделало Ялгубу широко известной в научном мире (Левинсон-Лессинг, 1949). Необходимо отметить, что в ходе изучения пикробазальтов Ялгубского разреза впервые в России был апробирован метод поляризационного микроскопического изучения и геохимического анализа пород, результаты которых легли в основу разработки теории ликвационной дифференциации.

Детальное исследование вариолитов данной территории было инициировано Ф.Ю. Левинсоном-Лессингом, который установил существование четырех типов глобул на основании различий их внутренней структуры и окраски (Левинсон-Лессинг, 1949). В настоящее время в разрезе Ялгубского кряжа выделены дополнительные типы ликвационных образований, различающихся фациальной принадлежностью и морфологией (Светов, 2008; 2013). По литофациальным признакам выделяются: 1) массивные вариолитовые лавы пикробазальтов (мощностью 5–16 м) с ликвационными обособлениями в виде глобул в центральных и кровельных частях потоков; 2) подушечные вариолитовые лавы пикробазальтов (мощность потоков 5–20 м, размером подушек 0.1–

2.5 м), содержащие микро и макровариоли в центральных частях подушек, в краевых областях которых установлено наличие чередующихся маломощных слоев («пленок») «ликвата», следующих параллельно контуру подушки, в чередовании с тонкими прослоями матрикса (до 20 чередующихся слоев; 3) вариолитовые бомбы и фрагменты в туфах. По морфологии среди ликвационных образований выделяют вариоли (>0.5 см в диаметре) и микровариоли (0.05–0.5 см в диаметре) с характерной сферолитовой структурой и идеальной шарообразной формой, которые могут быть однородными, без внутренней зональности, или зональными. В зональных глобулах присутствует ядро (диаметром 1–8 мм) контрастного темного цвета, сложенное кварц-полевошпат-хлоритовой стекловатой массой; и тонкая стекловатая краевая зона ядра (мениск) мощностью около 1 мм. Матрикс (пространство между глобулами и линзами) представляет собой крупнозернистый агрегат, сформированный игольчатыми кристаллами плагиоклаза и авгит-актинолитовой массой. Среди ликвационных фаз выделены ликвационные пленочные образования мощностью от 0.3 до 2 мм, проявленные исключительно в подушечных лавах.

Для вариолей характерно проявление процесса коалесценции, что приводит к формированию в лавовых телах зон чередования разрозненных вариолей с ликвационными линзами (мощность 0.03–4 м), трассируемых по простиранию на десятки метров. Линзообразные скопления глобул маркируют остаточные течения в лавовых телах. Насыщенность породы вариолями по отношению к матриксу меняется от 1–2% в подошвенных участках лавовых тел до 90% в кровле потоков.

Несмотря на длительную историю изучения «Ялгубского феномена» (Левинсон-Лессинг, 1949; Маракушев, Безмен, 1980; Пугин, Хитаров, 1980; Пугин, Хитаров, 1982; Гудин, 2011), применение современных методов и подходов позволяет получать новую информацию о генезисе вариолитов, который до сих пор остается дискуссионным. Новый этап минералогического исследования (Светов, Чаженгина, 2017) пироксенов вариолитов Ялгубы в сопоставлении с данными геохимического изучения пород позволил в этом «эталонном» по изученности объекте выявить многообразие этапов кристаллизации, установить факт контаминационного взаимодействия первичного расплава с коровым материалом и подтвердить длительную эволюционную историю магматической системы. Установлено (Светов, Чаженгина, 2017), что инициальная кристаллизация пироксенов в первичном пикритовом расплаве проходила на стадии поднятия магмы на дневную поверхность. Расплав (или его часть) в ходе подъема испытал контаминацию коровым веществом и был насыщен H_2O , что привело к формированию силикатно-водной эмульсии. Процесс ликвационной дифференциации был достаточно скоротечен, о чем говорит близкий состав основных типов пироксенов в глобулах и матриксе. При этом происходили реакции минералов с новыми поступающими (более магнезиальными) порциями пикритового расплава, что вызывало частичное растворение пироксенов и формирование кайм более магнезиального состава. Ликвационная дифференциация привела к разделению исходного пикритового расплава на две производные – обогащенную кремнеземом и щелочами, и обогащенную глиноземом, магнием, железом и водой. Кристаллизация ликвационных образований (глобул, линз) предшествовала кристаллизации матрикса, о чем свидетельствует химическая характеристика пироксенов, и, что примечательно, по геохимическим данным в матриксе сохранилась «неполная смесимость» первичного и контаминированного расплава.

Эти выводы согласуются с предположением Ф.Ю. Левинсон-Лессинга о генезисе вариолитов, который отмечал (Левинсон-Лессинг, 1949): «Если принять во внимание, что затвердевание вариолей предшествует застыванию основной массы, и вариоли кислее, как самой исходной магмы, так и основной массы, то мы имеем здесь еще один случай, противоречащий и розенбушевскому правилу последовательности выделения минералов из магмы, и боуэнзовской схеме кристаллизации...».

Несомненно, данные минералогические парадоксы, еще не раскрытые до наших дней, наглядно демонстрируют уникальность суйсарских образований, и особенно Ялгубского разреза, небольшого геологического объекта, который уже сотни лет подпитывает ученых разнообразным материалом для дискуссий, ставя при этом новые, не менее интригующие проблемы для будущих исследователей.

Следует отметить, что основные выходы Ялгубского кряжа, где собственно и было инициировано изучение вариолитов проф. А.А. Иностранцевым и его учеником Ф.Ю. Левинсоном-Лессингом, в настоящее время входят в список объектов геологического наследия Республики Карелия. Данная территория сейчас – это природный парк в комплексе «Ялгора», где в настоящее время создается инфраструктура, позволяющая посетителям центра знакомиться с уникальным геологическим наследием региона.

Список литературы

1. Гудин А.Н. Петрология палеопротерозойских (суйсарских) вариолитовых лав Онежской структуры, Центральная Карелия, Балтийский щит. Автореф. канд. дис. 2011. 27 с.
2. Куликов В.С., Светов С.А., Слабунов А.И., Куликова В.В., Горьковец В.Я., Полин А.К., Голубев А.И., Гоголев М.А. Геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750000: Новые подходы к составлению // Труды КарНЦ РАН. № 2. 2017. С. 3–41.
3. Левинсон-Лессинг Ф.Ю. Избранные труды. Том 1. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 346 с.
4. Маракушев А.А., Безмен Н.Н. Специфика ликвации магм под давлением водорода в связи с генезисом хондритов // ДАН СССР. 1980. Т. 251. № 5. С. 1222–1224.
5. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минералогия) / Отв. ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
6. Пугин В.А., Хитаров Н.И. Вариолиты как пример ликвации магм // Геохимия. 1980. № 4. С. 496–512.
7. Пугин В.А., Хитаров Н.И. Геохимия ряда элементов при ликвации в базальтовых магмах // Геохимия. 1982. № 1. С. 35–46.
8. Светов С.А. Ликвационная дифференциация в базальтовых системах (на примере суйсарских вариолитов ялгубского кряжа) // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2008. № 11. С. 120–134.
9. Светов С.А. Контаминация – как фактор инициализации ликвационного фракционирования базальтовых расплавов // Литосфера. 2013. № 2. С. 3–19.
10. Светов С.А., Голубев А.И., Степанова А.В., Куликов В.С. Палеопротерозойские вулканоплутонические комплексы Онежской структуры // Путеводитель геологических экскурсий XII Всероссийского петрографического совещания. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2015. С. 28–54.
11. Светов С.А., Чаженгина С.Ю. Геологический феномен Вариолиты «Ялгубского кряжа» от Ф.Ю. Левинсона-Лессинга до наших дней: минералого-геохимические аспекты // Записки РМО. 2017. № 2. С. 1–17.
12. Суйсарский пикрит-базальтовый комплекс палеопротерозоя Карелии (опорный разрез и петрология). Ред. В.С. Куликов. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1999. 96 с.
13. Melezhik V.A., Medvedev P.V., Svetov S.A. The Onega basin // in Reading the Archive of Earth's Oxygenation Volume 1: Volume 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project. Series: Frontiers in Earth Sciences (V. Melezhik, A.R. Prave, A.E. Fallick, L.R. Kump, H. Strauss, A. Lepland, E.J. Hanski, (Eds.)). 2012. 387–490 p.
14. Puchtel I.S., Arndt N.T., Hofmann A.W. et al. Petrology of mafic lavas within the Onega plateau, central Karelia: evidence for 2,0 Ga plume-related continental crustal growth in the Baltic Shield // Contrib. Mineral. Petrol. 1998. N 130. P. 134–153.
15. Puchtel I.S., Brugmann G.E., Hofmann A.W. Precise Re-Os mineral isochron and Pb-Nd-Os isotope systematics of a maficultramafic sill in the 2,0 Ga Onega plateau (Baltic Shield) // Earth Planet. Sc. Lett., 1999. V. 170. P. 447–461.

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОГИИ И Р-Т-УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КИАНИТОВЫХ АМФИБОЛИТОВ ЛЯГКОМИНЫ, СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ

Акимова Е.Ю.^{1,2}, Азимов П.Я.¹, Серебряков Н.С.³, Доливо-Добровольский Д.В.¹

¹Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 79052513147@yandex.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле

³Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН

Введение. Кианит и ставролит – характерные минералы метапелитов, но в некоторых случаях они встречаются в богатых кальцием породах в ассоциации с роговой обманкой. Для понимания закономерностей формирования таких редких парагенезисов важно определить усло-